

甜杏仁储藏过程中品质变化的研究

任斯忱, 申晓曦, 李沛生*, 阮 征, 曾庆孝

(华南理工大学轻工与食品学院, 广东广州 510640)

摘 要:通过采用露空储藏与真空储藏的加速实验对比, 针对不同水分含量甜杏仁储藏过程中水分活度、酸价、过氧化值及感官性质指标进行分析研究。结果表明, 水分含量对储藏过程中甜杏仁哈败有重要影响, 水分含量 4.44% 的样品真空储藏 27d 后品质最佳, 过氧化值和酸价较露空条件下增幅均减少 40% 以上, 氧化速率较同条件其他样品减少 12.30%。研究发现, 甜杏仁的水分含量过高或过低都会加速氧化酸败反应进程, 真空储藏条件可有效缓解储藏过程脂类氧化和哈败造成的不良影响。

关键词:甜杏仁, 过氧化值, 酸价, 真空储藏

Study on the quality change of apricot kernels during storage

REN Si-chen, SHEN Xiao-xi, LI Bian-sheng*, RUAN Zheng, ZENG Qing-xiao

(College of Light Industry and Food Sciences, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Changes in water activity, fatty acids content, peroxide content and organoleptic quality of apricot kernels were investigated during accelerated storage experiments. Results showed that oxidative lipid peroxidation occurred during storage, and water content played an important role in this course. The results showed that the sample with 4.44% water content after vacuum storage had better properties than other samples. The values of POV and AV after storage were about 40% lower and the peroxidation speed was 12.30% lower than other samples. The study also proved that both too low and too high water content could accelerate the peroxidation process, and vacuum conditions could be effective in relieving the adverse effects of oxidative lipid peroxidation during the storage.

Key words: apricot kernels; lipid peroxidation; acid value; vacuum storage

中图分类号: TS205

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2012)04-0378-05

甜杏仁, 蔷薇科植物杏或山杏果实的种仁^[1], 其脂肪含量为 49.3%, 蛋白质含量为 30.9%, 维生素 E、非金属元素硒的含量相对较高, 具有很好的营养价值和保健作用^[2]。以甜杏仁为原辅料加工的中式软糖等各类果仁食品在国内外具有广泛市场^[2]。甜杏仁不饱和脂肪酸含量高, 其中单不饱和脂肪酸(MUFA)和多不饱和脂肪酸(PUFA)约占 50%^[3], 以其为主副料的产品在长期储藏过程中, 易发生脂类氧化哈败, 不利于产品保藏。国内外学者通过控制储藏中的温湿度条件、光照条件等, 对杏仁的颜色^[4]、货架期^[5]、包装形式^[6]进行讨论。目前, 针对物料水分含量对甜杏仁储藏期品质的影响研究甚少, 但其直接影响到产品中杏仁的酥脆程度与整体口感, 研究两者之间的相互关系对甜杏仁加工储藏方式具有指导性作用, 有利于控制中式软糖加工过程中对甜杏仁的处理方式。本研究以甜杏仁为研究对象, 在防霉安全水分范围内^[7], 研究初始水分含量对储藏期内样

品理化品质及食用口感的影响, 并进行露空与真空储藏对比, 探讨保持甜杏仁食用品质的最优途径。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

甜杏(南杏)仁(水分含量为 6.29%) 购于广州市天河区五山农贸市场, 产地广东河源; 露空包装选用市购尼龙网袋, 其规格的长、宽分别为 150、100mm; 真空包装 选用 PA/PE 尼龙复合膜包装袋, 长、宽分别为 150、100mm。

101-2 型电热鼓风干燥 上海锦屏仪器仪表有限公司; LRH-150S 型恒温恒湿培养箱 广东韶关市鑫腾科普仪器有限公司; 水分活度仪 Decagon Devices, Inc.; CR-400 型便携式色彩色差计 Konica Minolta Sensing, Inc.; TA.XT2i 型质构仪 英国 SMS 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 样品初始水分含量的调整 甜杏仁储藏过程中易污染霉菌, 为抑制霉菌生长需控制物料水分含量低于 7%, 同时兼顾软糖生产企业对杏仁食味品质以及后续加工处理要求(水分含量应不低于 3%), 设定实验水分含量在 3%~7% 范围内。

收稿日期: 2011-02-22 * 通讯联系人

作者简介: 任斯忱(1987-), 女, 硕士研究生, 主要从事食品加工和保藏研究。

基金项目: 粤港关键领域重点突破项目(2009A020700001)。

在 80℃ 条件(此温度下样品不易熟化,此为脱去水分过程)下,用电热鼓风干燥箱调整样品初始水分含量(水 g/湿基物料 g),干燥过程精确计时,准确控制水分含量,使之分别达到 6.29%、5.45%、4.44%、3.40%。分袋包装,每种样品分别进行露空包装和真空包装,每袋净重 65g。

1.2.2 加速储藏实验 实际生产储藏中,杏仁储藏条件一般环境温度为 18~25℃,环境湿度为 60% 以下。本实验为加速储藏实验,实验平均环境温度 40℃,平均环境湿度 60%,油脂氧化酸败的反应在动力学上属于一级反应,其动力学方程^[8]:

$$\ln[\text{POV}] = kt + \ln[\text{POV}]_0 \quad \text{式(1)}$$

式中, $[\text{POV}]$ - 储藏 t d 时甜杏仁的过氧化值 (meq/kg); $[\text{POV}]_0$ - 杏仁的初始过氧化值 (meq/kg); k - 氧化酸败反应的速度常数 (d^{-1}); t - 储藏时间 (d)。

由于本研究常温实验仍在进行,将来可根据式 (1),利用甜杏仁常温下氧化酸败系数^[9-10]常数估算常温下的储藏情况。储藏地点为广州华南理工大学实验室,储藏时间为 27d。

1.2.3 分析检验方法 每隔 6d 取出不同水分含量下真空和露空储藏的样品各 1 袋用于品质分析。其中,50g 经索式抽提提取油样,按照 GB/T5538-2005 与 GB/T5530-2005 进行过氧化值以及酸价的测定。余下 15g 样品分别对其水分含量(按照 GB/T5497),水分活度(A_w)、色差、脆性进行测定。其中,样品脆性测定:P36R 探头,前进速度、破碎速度、后退速度均为 1mm/s,下压距离为 20%。

1.2.4 感官评定与数据分析 感官分析按综合分项打分^[11]、逐层描述^[12]的原则进行。选择色泽、气味、滋味、组织状态和风味后感五个评价指标,并设置总体评价一栏,各指标分值在 1~5 之间,5 代表最佳,1 代表最差。

1.2.5 数据分析 应用 SPSS13.0 进行数据分析,结果采取均值 $\pm$ 标准差形式。

2 结果与讨论

2.1 甜杏仁储藏过程中水分活度的变化

食品所含的水分有结合水和自由水,只有自由水参与生物化学反应,直接影响样品保藏特性。自由水含量可用水分活度 A_w 进行估量,水分活度大于 0.8 易滋生霉菌。水分活度的浮动指示水分含量与货架期的变化,研究其变化趋势有利于循其与口感的关系。储藏过程中,样品水分活度受水分含量单一因素影响,其变化与水分含量变化趋势一致。

图 1 表明,露空储藏条件下,甜杏仁的水分活度呈先降后升趋势,最后趋于平稳,在 0.60 轻微浮动(无显著性差异 $P > 0.05$)。其中,初始水分含量为 6.29% 样品变化幅度最大(下降 13.74%)。这是因为相对高温(40℃)非高湿的露空环境,环境水分梯度的作用使得自由水和结合水迁移,水分含量下降进而 A_w 下降,长期储藏不同样品的 A_w 均受相同环境湿度影响达到平衡。

图 2 表明,在真空储藏条件, A_w 先上升,之后缓

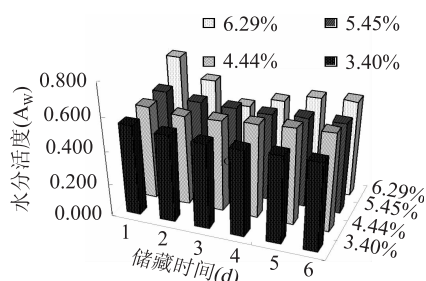


图 1 甜杏仁露空储藏期水分活度(A_w)变化趋势

Fig.1 A_w variation of apricot kernels during the storage in free air condition

慢达平衡,其中,初始水分含量为 6.29% 的样品变化程度最小(下降 0.22%)。这是由于在真空储藏条件下,首先发生甜杏仁内部水分迁移,在相对高温条件下结合水亦发生迁移至样品表面,此过程 A_w 缓慢上升,之后包装内达相对平衡状态, A_w 趋于稳定(差异性显著 $P < 0.05$)。

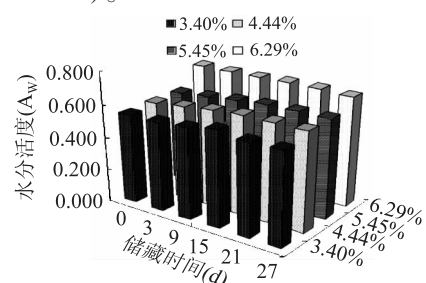


图 2 甜杏仁真空储藏期水分活度(A_w)变化趋势

Fig.2 A_w variation of apricot kernels during the storage in vacuum condition

相同初始水分含量的样品,由于环境湿度的影响,真空储藏较露空储藏更易保持样品初始 A_w 及其酥脆口感。不同水分含量的样品 A_w 于露空储藏 15d 达最低值,真空储藏 15d 达峰值,说明样品于 15d 内完成自身与环境水分的交换,并于 15d 后与各自环境缓慢平衡,其中真空储藏 PA/PE 尼龙复合膜有效拦截样品与环境水分交换,使得整体变化波动较少。真空储藏的样品最终水分含量为 3.85%~6.83%,且低氧分压可抑制霉菌生长,符合卫生要求,有益于样品质量的保持。

2.2 甜杏仁储藏过程中过氧化值与酸价的变化

脂类经酯酶的催化分解成甘油和游离脂肪酸,从而使游离脂肪酸增加,脂肪酸氧化主要累积的产物是氢过氧化物,其累积使得过氧化值上升^[13],积累量达饱和后,氧化生成二级氧化产物,分解成低级的醛、酮化合物,导致甜杏仁酸败,产生哈喇味^[14]。实验证明,在储藏前的烘干过程对样品过氧化值(POV)和酸价(AV)的影响很小,分别小于 0.3meq/kg 和 0.2meq/kg。不同样品储藏期 POV 值变化趋势如图 3、图 4 所示,AV 值变化趋势如图 5、图 6 所示。

图 3 表明,露空储藏 27d 期间,不同初始水分含量的甜杏仁 POV 值均呈上升趋势。其中,6.29% 样品变化最大,增幅 153.7%;3.40% 样品变化最小,增幅 103.7%。由图 4 可知,真空储藏 27d 内,不同水分含量的 POV 值亦呈上升趋势。其中,初始水分含量

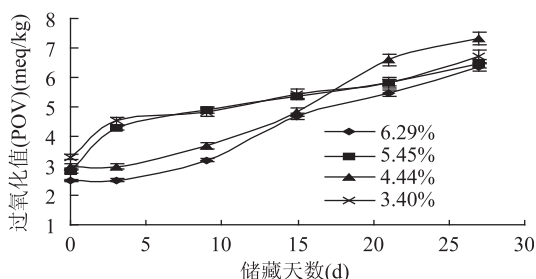


图3 露空储藏(40℃, RH60%)水分含量对 POV 值影响

Fig.3 POV variation of apricot kernels influenced by different water content during the storage in free air condition

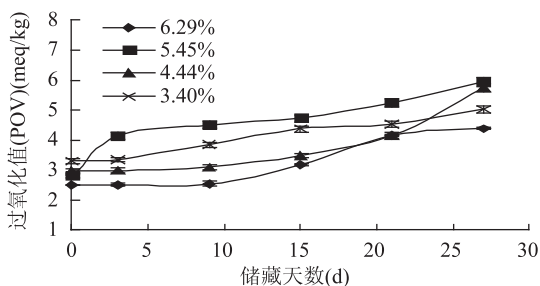


图4 真空储藏(40℃, RH60%)水分含量对 POV 值影响

Fig.4 POV variation of apricot kernels influenced by different water content during the storage in vacuum condition

为 3.40% 的样品变化最小,增幅 52.47%。4.44% 其次,增幅 74.59%。初始水分含量为 5.45% 的样品变化程度最大,增幅 111.25%。

对比露空和真空储藏,同一样品露空储藏过程中 POV 值始终高于真空储藏,POV 值变化速率(每 3d 一个取样间隔)较真空储藏增长 5.90% 左右。储藏 27d 后,露空储藏 POV 值较真空储藏平均增加 50.44%。以上表明真空储藏可以有效减缓甜杏仁氧化进程,降低过氧化物含量。

另外,由以上两图可知,15d 为变化趋势关键点。15d 内变化趋势不规律,原因可能与微生物的活动和甜杏仁中天然抗氧化成分(例如 $V_E^{[15]}$ 和酚类^[16]) 在烘干过程中的变化有关。微生物快速生长会消耗脂肪酸,同时会使样品发热,进一步激活酶的作用,影响过氧化物的生成。结合图 1、图 2 分析,样品储藏前期自身水分调节也对此产生不定影响。15d 后,真空和露空储藏均呈现平稳上升规律,比较两者该阶段变化幅度,同一样品露空储藏较真空储藏增幅平均增加 3.71%。此阶段下 POV 增长速率(每 3d 一个取样间隔)露空较真空平均增加 1.28%。整体储藏过程中样品水分含量对过氧化值影响程度分别为 17.29%/1% H_2O 和 7.95%/1% H_2O ,说明真空储藏可以延缓氧化过程,水分含量对露空和真空储藏来说均为重要影响因素。

如图 5、图 6 所示,不同样品储藏过程中,AV 值均呈上升趋势。储藏结束后,同一样品露空储藏 AV 值高于真空储藏。露空储藏条件下,6.29% 样品变化最大,增幅 173.33%,3.40% 样品变化最小,增幅 100.48%,4.44% 样品其次;真空储藏条件下,6.29% 样品变化程度最大,增幅 56.70%,4.44% 样品变化程

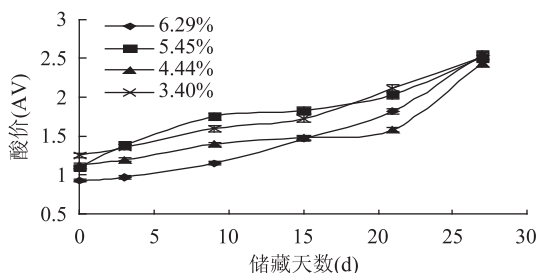


图5 露空储藏(40℃, RH60%)水分含量对 AV 值影响

Fig.5 AV variation of apricot kernels influenced by different content during the storage in free air condition

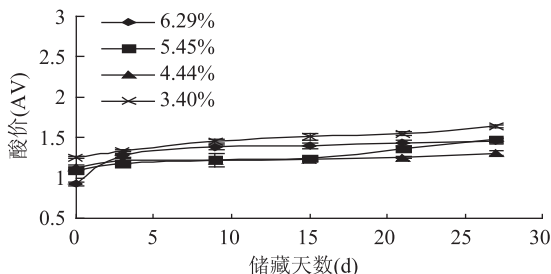


图6 真空储藏(40℃, RH60%)水分含量对 AV 值影响

Fig.6 AV variation of apricot kernels influenced by different water content during the storage in vacuum condition

度最小,增幅 15.69%。真空较露空储藏 AV 增长速率(每 3d 一个取样间隔)平均减少 95.09%。这是由于水分含量与脂肪酶活性成正比,高水分含量加大了水油界面,促进脂肪酶在水油界面发生作用,使得酯解酶的活性较强,加快酸败进程,酸值增大^[17]。酸价是油脂食用品质的量化指标,食用植物油原油的酸价应低于 4^[18],所有真空贮藏样品的酸价在加速贮藏 27d 时均未超过 1.7,仍具有很好的食用品质。

综上所述,真空储藏可以延缓甜杏仁氧化,真空包装样品过氧化值在整个储藏期平均增加 1.83 倍,酸价增加 1.34 倍,较露空条件下增幅减少 40% 以上。其中,初始水分含量为 4.44% 的样品在保藏过程中过氧化值与酸价的变化总体较为缓慢,更易长期储藏,而初始水分含量 3.40% 的样品由于调整水分过程中烘烤时间最长,其初始 POV 值和 AV 值均较高,在真空储藏期始终高于初始水分含量为 4.44% 的样品。

2.3 甜杏仁加速储藏后感官评定比较

加速储藏后,甜杏仁真空袋装比露空袋装更好的保持外观品质,采用真空袋装储藏后的甜杏仁,从外观上没有发现肉眼可以分辨的与新鲜甜杏仁的差别,开袋后有较浓的香味涌出。而采用露空储藏后的甜杏仁品质发生变化,香味减退、有明显哈败味。由此得出,真空储藏后的样品食味和外观品质优于露空储藏。

不同样品加速储藏 27d 后感官评定如图 7 所示,部分理化指标测定结果如表 1 所示。

图 7 显示,真空储藏样品感官性能明显高于露空储藏的样品。导致感官性能差异的主要原因是样品水分含量差异,露空储藏中低水分的样品由于过于干燥,氧气易于进入细胞中促进氧化反应,长期储藏于露空环境下,不能有效隔绝微生物污染,样品表面产

表1 不同含水量样品真空和露空储藏前后的色差和脆性
Table 1 L*、a*、b* and crispness of samples with different water content

理化指标	原料储藏前			
	6.29%	5.45%	4.44%	3.40%
L* 值	80.72 ± 0.37 ^a	81.52 ± 0.28 ^{ab}	80.95 ± 0.68 ^{ab}	81.90 ± 0.39 ^b
a* 值	1.91 ± 0.31 ^a	2.04 ± 0.19 ^a	2.80 ± 0.37 ^{ab}	2.09 ± 0.28 ^b
b* 值	19.89 ± 0.49 ^a	20.03 ± 0.22 ^{ab}	20.88 ± 0.37 ^{ab}	21.99 ± 0.75 ^b
脆性(g)	14.13 ± 0.51 ^a	38.07 ± 0.10 ^b	41.35 ± 0.58 ^c	50.07 ± 0.83 ^d
理化指标	真空储藏后			
	6.29%	5.45%	4.44%	3.40%
L* 值	78.93 ± 0.26 ^c	81.10 ± 0.57 ^b	80.84 ± 0.78 ^a	81.84 ± 0.48 ^{ab}
a* 值	0.49 ± 0.28 ^a	1.88 ± 0.58 ^b	2.32 ± 0.89 ^c	0.77 ± 0.38 ^d
b* 值	27.34 ± 0.48 ^a	20.69 ± 0.37 ^b	22.28 ± 0.38 ^c	23.86 ± 0.37 ^c
脆性(g)	11.37 ± 0.27 ^a	35.91 ± 0.89 ^b	40.89 ± 0.59 ^c	48.33 ± 0.58 ^d
理化指标	露空储藏后			
	6.29%	5.45%	4.44%	3.40%
L* 值	78.65 ± 0.23 ^a	80.30 ± 0.36 ^b	80.77 ± 0.56 ^b	79.68 ± 0.21 ^c
a* 值	-2.05 ± 0.68 ^a	-2.59 ± 0.27 ^b	-2.67 ± 0.25 ^b	-1.96 ± 0.25 ^c
b* 值	28.68 ± 0.46 ^a	26.33 ± 0.35 ^b	25.08 ± 0.27 ^c	25.61 ± 0.43 ^c
脆性(g)	8.34 ± 0.12 ^a	30.66 ± 0.10 ^b	35.89 ± 0.78 ^c	38.20 ± 0.38 ^d

注:数值 ± 标准差,相同条件下同一行以不同字母上标标记,表明差异显著(P<0.05)。

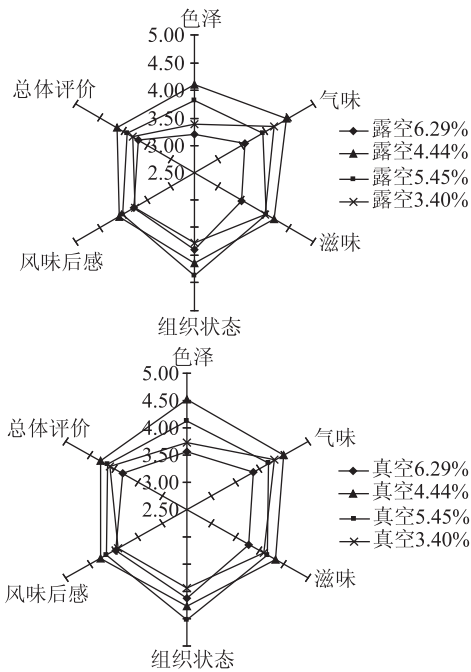


图7 样品感官评价结果

Fig.7 Sensory evaluation results of samples

生少量霉变,引发不良异味。而真空储藏由于密闭环境下延缓了品质劣变,保持了更好的新鲜度。表1显示储藏前干燥阶段对原料色差方面影响不大,露空储藏和真空储藏后样品L*、a*值均出现下降现象,b*值出现上升现象,这说明样品的色泽向黄色方向变化,且亮度变暗,这与感官评定的结果一致。不同样品脆性平均下降7.45%,说明真空包装有效阻隔外界水分,有利于产品风味保持。其中真空储藏的4.44%样品L*、a*值分别下降0.14%、17.10%,b*值上升6.70%,与原料差异最小,综合感官评定的结果及POV和AV的测定结果表明,该样品较好的保持了新鲜度和良好的组织状态,感官品质最佳。

将感官评定、色差、脆性测定结果与上述POV和AV值变化相结合,可以推测储藏期水分含量的变化导致L*值和脆性下降;因霉菌在实验环境下仍可滋生,长期储藏样品表面由于湿气附着和内部结合水迁移促使少量微生物繁殖导致a*值减小;样品b*值增大代表黄色加深,即样品在储藏过程中发生褐变,造成褐变的原因有多酚类酶促褐变、美拉德褐变及焦糖化反应,在本实验研究条件下可判断褐变主要原因是多酚类酶促褐变^[14]。其次,风味口感、气味与POV值有关,POV值高会产生不良气味,导致风味口感、气味不良。滋味与AV值有关,脂肪酸败会产生哈喇味,导致滋味变差。

3 结论

通过对比分析不同初始水分含量的甜杏仁在露空储藏和真空储藏条件下水分活度、酸价、过氧化值及感官性质的变化,表明真空储藏比露空储藏方式有显著的优越性。

3.1 露空储藏条件下,甜杏仁的水分活度呈现先下降后缓慢上升,最后达到相对平衡;在真空储藏条件,水分活度呈现先上升,后缓慢达到平衡。

3.2 采用真空储藏方式后甜杏仁的过氧化值和酸价明显低于露空储藏方式,平均降低40%左右。

3.3 储藏后样品L*值、a*值下降,b*值增大。

3.4 综合减缓储藏期样品的酸败与感官品质情况,样品水分含量4.44%在真空储藏条件下品质最佳,感官评价分数均在3.80以上,更易长期储藏。

参考文献

[1] 邹长英,黄荔红.桃仁苦杏仁甜杏仁的鉴别与应用[J].福建中医药,2000,31(4):45.
[2] 王淑英,温哲屹,李慧颖.我国甜杏仁营养成分含量分析[J].北京农业,2008(3):13-16.
[3] 王晖,张淑华,郭爱民,等.甜杏仁抗氧化作用的研究[J].

毒理学杂志,2006,20(1):16-18.

[4] Theofania Tsironi, Efimia Dermesonlouoglou, Maria Giannakourou, et al. Shelf life modelling of frozen shrimp at variable temperature conditions [J]. LWT- Food Science and Technology, 2009, 42: 664-671.

[4] Ledbetter C A, Palmquist D E. Degradation of almond pellicle color coordinates at different storage temperatures [J]. Postharvest Biology and Technology, 2006, 40(3): 295-300.

[5] Mexis S F, Badeka A V, Kontominas M G. Quality evaluation of raw ground almond kernels (*Prunus dulcis*): Effect of active and modified atmosphere packaging, container oxygen barrier and storage conditions [J]. Food Science and Engineering Technologies, 2009, 10(4): 580-589.

[6] Garcia-Pascual P, Mateos M, Carbonell V, et al. Influence of storage conditions on the quality of shelled and roasted almonds conditions [J]. Biosystems Engineering, 2003, 84(2): 201-209.

[7] 吴梅松. 浅谈黄曲霉毒素的预防和去除[J]. 西部粮油科技, 1997, 22(1): 45-47.

[8] 张逸珍. 动力学方法在谷物食品贮存期预测上的应用[J]. 食品科学, 1996, 17(7): 60-62.

[9] 熊磊, 张连富. 复合营养粉储藏期稳定性与货架期预测研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(1): 344-346.

[10] 蔡燕芬. 食品储存期加速测试及其应用[J]. 食品科技,

2004, 6(1): 80-82.

[11] Mexis S F, Kontominas M G. Effect of oxygen absorber, nitrogen flushing, packaging material oxygen transmission rate and storage conditions on quality retention of raw whole unpeeled almond kernels (*Prunus dulcis*) [J]. LWT- Food Science and Technology, 2010, 43(1): 1-11.

[12] Abegaz E G, Kerr W L, Koehler P E. The role of moisture in flavor changes of model peanut confections during storage [J]. Lebensmittel- Wissenschaft und- Technologie, 2004, 37(2): 215-225.

[13] 王炜, 李鹏霞, 等. 不同贮藏温度对核桃脂肪酸氧化的影响[J]. 西北林学院学报, 2008, 23(6): 159-161.

[14] 王明洁, 蒋甜燕, 袁建, 等. 不同储藏温、湿度条件下小麦粉脂肪酸值的变化[J]. 中国粮油学报, 2010, 25(9): 71-75.

[15] 李成文, 孙美侠, 苗明三. 不同保藏方法对高温下桃仁中维生素 E 稳定性的影响[J]. 中药材, 2005, 28(2): 137-139.

[16] Durmaz G, Alpaslan M. Antioxidant properties of roasted apricot (*Prunus armeniaca* L.) kernel [J]. Food Chemistry, 2007, 100: 1177-1181.

[17] 夏吉庆, 郑先哲, 刘成海. 储藏方式对稻米黏度和脂肪酸含量的影响[J]. 农业工程学报, 2008, 11(24): 260-262.

[18] 中华人民共和国卫生部 GB2716-2005. 食用植物油卫生标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.

(上接第 364 页)

meat and phosphate level on water-holding capacity and texture of emulsion-type sausage during storage [J]. Science of Food Agriculture, Agricultural Sciences in China, 2009, 8(12): 1475-1481.

[3] 景慧. 羊肉无磷保水剂和粘结剂的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2008.

[4] 王道营, 诸永志, 徐为民. 复合磷酸盐在肉品加工中的应用[J]. 食品研究与开发, 2007, 28(10): 167-169.

[5] 朱晓龙. 磷酸盐在肉类加工中的应用及检测[J]. 肉类工业, 2003(7): 36-41.

[6] 王铁良, 李瑾, 王会锋, 等. 食品添加剂-复合磷酸盐的分析研究[J]. 食品工业科技, 2007, 28: 201-203.

[7] 刘靖, 姚芳, 褚洁明, 等. 猪肉脯嫩化技术研究[J]. 食品工业科技, 2007(11): 78-80.

[8] 严维凌, 任莉萍, 沈菊泉, 等. 山梨糖醇添加量对牛肉干等温吸湿线的影响研究[J]. 食品科学, 2007, 28(8): 82-86.

[9] 孙春禄. 肉制品复合保水剂的研制[J]. 中国食品添加剂, 2009: 140-144.

[10] Waravichanee Lopkulkiaert K P V R. Effects of sodium bicarbonate containing traces of citric acid in combination with sodium chloride on yield and some properties of white shrimp (*Penaeus vannamei*) frozen by shelf freezing, air-blast and cryogenic freezing [J]. LWT-Food Science and Technology, 2009, 42: 768-776.

[11] 张伟力. 猪肉系水力测定方法[J]. 养猪, 2002(3): 25-26.

[12] Honikel K O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat [J]. Meat Science, 1998, 49:

447-457.

[13] 吴立根, 王岸娜. 全溶大豆蛋白对鸡胸肉蒸煮出品率的影响[J]. 食品研究与开发, 2010(3): 25-27.

[14] 李凤舞. 改善冷冻调理虾仁保水性的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2010.

[15] 罗海波. 对虾干加工中嫩化及重组技术的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2006.

[16] 周光宏. 畜产品加工学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 35-40.

[17] 赵立艳, 彭增起. 盐和有机酸对肉品嫩度的影响[J]. 肉类工业, 2002(10): 13-15.

[18] Zheng M, Detienne N A, Barnes BW, et al. Tenderness and yields of poultry breast are influenced by phosphate type and concentration of marinade [J]. Science of Food Agriculture, 2000, 81: 82-87.

[19] Dalle Zotte A. Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality [J]. Livestock Production Science, 2002, 75: 11-32.

[20] 王鹏, 徐幸莲, 周光宏. 磷酸盐对乳化肠贮藏期间保水及质构性质的影响[J]. 食品工业科技, 2007(6): 96-99.

[21] R T Baublits, F W Pohlman, A H Brown Jr, et al. Effects of sodium chloride, phosphate type and concentration, and pump rate on beef biceps femoris quality and sensory characteristics [J]. Meat Science, 2005, 70: 205-214.

[22] 李苗茵, 张秋会, 柳艳霞, 等. 不同磷酸盐对肉品保水性的影响[J]. 河南农业大学学报, 2008, 42: 439-442.